

分散型生活排水処理施設からの温室効果ガス(CH₄・N₂O)排出量の算定

著者	山崎 宏史
著者別名	YAMAZAKI Hiroshi
雑誌名	工業技術
巻	38
ページ	50-54
発行年	2016
URL	http://id.nii.ac.jp/1060/00009540/

分散型生活排水処理施設からの温室効果ガス (CH_4 ・ N_2O) 排出量の算定

Methane and Nitrous Oxide Emission from Decentralized Domestic Wastewater Treatment Facilities

山崎宏史*

1. はじめに

1.1 温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）の概要

国際連合気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC）に基づき、条約附属書 I に記載される先進国および市場経済移行国は、温室効果ガス排出・吸収目録（以下、「インベントリ」という。）を作成し、UNFCCC 事務局に報告する義務がある。

インベントリでは、温室効果ガス排出活動ごとに温室効果ガス排出量を報告することとされている。現在、UNFCCC インベントリ報告ガイドライン¹⁾では、「エネルギー分野」、「工業プロセス及び製品の使用分野」、「農業、森林及びその他土地利用変化分野」、「廃棄物分野」、「その他」の 5 つの分野（セクター）が設定されている。この各セクターは温室効果ガス排出活動に応じていくつかの区分（カテゴリー）に分かれており、さらに、これらの各区分は、温室効果ガス排出メカニズムや活動量の括りに応じて、細区分（サブカテゴリー）されている。本報における浄化槽からの温室効果ガス排出は、「廃棄物分野」の「排水の処理」カテゴリー内の「生活排水処理 (5.D.1)」サブカテゴリーにおいて報告されている²⁾。

1.2 分散型生活排水処理施設からの温室効果ガス排出量報告の必要性

2006 年 IPCC ガイドラインでは、Latrine および Septic tank を分散型生活排水処理施設における CH_4 ・ N_2O 排出源としているが、分散型生活排水処理施設の定義に関する具体的な記述は無いため、附属書 I 締約国は、自国の分散型生活排水処理施設がインベントリの排出量報告対象に含まれるかを判断する必要がある。我が国の浄化槽（合併処理浄化槽および単独処理浄化槽）は、

ブローでばっ気を行う好気性排水処理施設であり、主に沈殿分離作用のみの Septic tank とは排水処理方法が異なる。そのため、浄化槽がインベントリとして報告すべき温室効果ガス排出源に該当するかは明確ではないが、これまでの研究・調査事例により、浄化槽から CH_4 ・ N_2O が排出されていることが報告されているため、我が国では、浄化槽を分散型生活排水処理施設における温室効果ガス排出源のひとつであるとして取り扱い、インベントリとして報告する必要があると判断している。一方、汲み取り便槽は、構造等から判断すると Latrine に該当すると考えられるため、インベントリとして報告する必要があると考えられる。

1.3 分散型生活排水処理施設に係わる排出係数の課題

上記で示した様に、これまで我が国における分散型生活排水処理施設として、浄化槽や汲み取り便槽からのインベントリは報告されてきている。しかし、浄化槽のインベントリの元となる排出係数について、調査当時（1990 年代前半）の測定方法、条件、個別のデータを確認できない等の課題に加え、近年普及が進みつつある高度処理型浄化槽における温室効果ガス排出実態が反映されていない等の課題が考えられた。また、汲み取り便槽の排出係数においては、これまで「単独処理浄化槽の CH_4 ・ N_2O 排出係数」を代用する措置が取られてきていた²⁾。

そこで、これら分散型生活排水処理施設（浄化槽および汲み取り便槽）に係わる CH_4 ・ N_2O の排出係数を定める実測調査（2011 年度～2012 年度）を実施した。

本報では、これらの内、合併処理浄化槽における CH_4 ・ N_2O の調査結果を中心に記述する。

*理工学部 都市環境デザイン学科

2. 排出係数実測調査方法

2.1 調査対象浄化槽の選定

本調査では、岩手県内における一般家庭に設置されている合併処理浄化槽（5人槽，7人槽）を対象に、表1に示す合併処理浄化槽計6型式24施設を選定した。また、ここでは詳細な説明は省略するが、単独処理浄化槽においても、分離接触ばっ気方式の単独処理浄化槽計6施設を選定した。非水洗便所用（無臭便槽）および簡易水洗便所用の汲み取り便槽も、それぞれ、15施設を選定した。

表1 調査対象とした合併処理浄化槽の型式

浄化槽の型式		調査基数
構造例示型	構造例示型 (BOD20)	4
	コンパクト型 (BOD20)	4
	前段ばっ気型 (コンパクト, BOD20)	4
BOD,N 除去型	高度処理型 (BOD20, T-N20)	8
	高度処理型 (BOD10, T-N10)	4
合計	5タイプ	24(6型式)

2.2 調査方法

(1) 合併処理浄化槽における排出係数調査方法

調査対象浄化槽の選定を進める上で、候補施設において、関係者へのヒアリングや事前確認等により、浄化槽型式・人員比・汚泥清掃日からの経過時間の他、浄化槽・ブロワ等の適正稼働状況等の確認も行い、施設の絞り込みを進めた。

事前確認を経て、調査対象とした合併処理浄化槽において、 $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ の排出量を調査する際は、図1に示すとおり、浄化槽の放流口およびマンホールを密閉することで、ブロワから浄化槽内に送気された空気を全て流入側に排気される構造とした。ガス採取は、流入側に排気された空気の一部をポンプで吸引し (1.00L/min)、試料採取用アルミガスバックに採取した。このガス採取は、浄化槽内の平均的な $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ ガス濃度を得るため、1施設につき、昼 (13~15時)、夕方 (16~18時)、翌朝 (8~10時) の計3回実施した。併せて、ブロワ付近の大気も別のガスバックに採取し、バックグラウンドとした。採取したガスサンプルは、 CH_4 は GC-FID、 N_2O は GC-ECD を用いて、分析を行った。これらの調査分析によって得

られたデータを排出係数算定用の基礎データとし、その単純平均値を当該浄化槽の $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 濃度実測データとした。また、上記、調査時において、浄化槽ブロワの風量 (流量) も調査現場で測定し、同様に排出係数算定用の基礎データとした。

なお、これらの調査は、気温、水温の変化を考慮し、同一施設を対象に、冬季 (1月~2月) および夏季 (7月~8月) において、それぞれ、実施した。

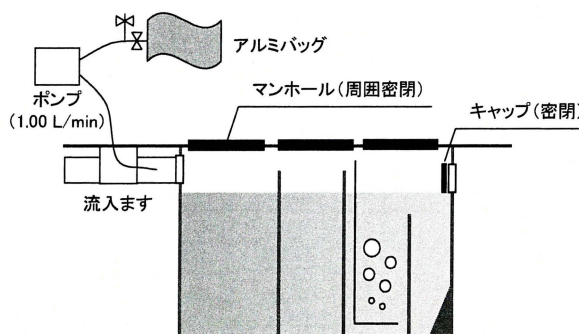


図1 浄化槽における排出係数調査方法

3. 排出係数実測調査結果

3.1 合併処理浄化槽の排出係数調査結果

合併処理浄化槽における冬季および夏季の $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ の測定結果は、それぞれ、表2および表3に示すとおりである。本表は、昼・夕・翌朝の3回の平均値より計算しており、どの施設においても、各回の $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 濃度は同程度の値であった。

これらの結果から、 CH_4 については、高度処理 BOD・N 除去型の排出係数が、構造例示 BOD 除去型の排出係数の約 1/2 の値であった。これは、高度処理を行う BOD・N 除去型の浄化槽においては、嫌気-好気循環（後段の好気槽から前段の嫌気槽への硝化液循環）が行われているために、 CH_4 の排出源となる嫌気槽に、酸素を含んだ循環水の混入により、 CH_4 の生成が抑制されたものと考えられた。この現象は、筆者らのグループによる研究³⁾と同様な傾向であった。逆に、 N_2O 排出係数については、BOD・N 除去型の排出係数が、構造例示 BOD 除去型の排出係数の約 2 倍の値となった。これは、BOD・N 除去型では、硝化・脱窒反応に伴う N_2O 排出が多くなったことが原因であると考えられた。

表2 合併処理浄化槽におけるCH₄排出係数測定結果

(単位: gCH₄/人・年)

処理型	構造	冬季調査				夏季調査				冬季と夏季の平均値		
		施設別	構造別	処理型別	全平均	施設別	構造別	処理型別	全平均	構造別	処理型別	全平均
構造例示型	構造例示型 (BOD20)	4,471				7,995						
		137	1,385	1,385		3,136	3,568	3,568		2,477	2,477	
		201				845						
		732				2,294						
		2,214				2,757						
BOD除去型	コンパクト型 (BOD20)	4,123	2,190			—	2,764			2,477		
		1,042				1,661						
		1,383				2,858						
		—		1,568		3,779		2,400			1,984	
		1,887				3,418						
BOD・N除去型	前段ばっ気型 (コンパクト・ BOD20)	141	945			1,303	2,036			1,490		
		1,648				2,365						
		102			1,101	1,057			2,569			1,835
		121				8,047						
		103	98			1,963	2,611			1,355		
BOD・N除去型	高度処理型 (BOD20・ T-N20)	14				62						
		156				372						
		32				1,820						
		73	276	349		1,825	1,256	1,739		766	1,044	
		166				165						
BOD・N除去型	高度処理型 (BOD10・ T-N10)	831				1,212						
		757				1,858	1,351			1,013		
		349	674			1,934						
		644				365						
		948				1,244						

— は、調査条件が整わなかったため、調査を実施していないことを表す

表3 合併処理浄化槽におけるN₂O排出係数測定結果

(単位: gN₂O/人・年)

処理型	構造	冬季調査				夏季調査				冬季と夏季の平均値		
		施設別	構造別	処理型別	全平均	施設別	構造別	処理型別	全平均	構造別	処理型別	全平均
構造例示型	構造例示型 (BOD20)	0.1				137.7						
		39.7	41.1	41.1		95.7	102.4	102.4		71.7	71.7	
		73.1				165.3						
		51.3				10.7						
		86.6				34.2						
BOD除去型	コンパクト型 (BOD20)	34.0	53.8			—	24.7			39.3		
		62.6				16.8						
		32.2				31.1						
		—		55.7		16.6		53.3			54.5	
		18.7				219.4						
BOD・N除去型	前段ばっ気型 (コンパクト・ BOD20)	61.1	57.6			67.2	81.9			69.7		
		52.1				3.3						
		98.6			90.5	37.7			75.8			83.1
		374.2				6.6						
		113.5	391.4			63.0	38.7			215.1		
BOD・N除去型	高度処理型 (BOD20・ T-N20)	934.8				21.4						
		143.3				63.9						
		164.0				357.8						
		25.4	81.1	174.8		56.5	134.5	71.7		107.8	123.2	
		75.9				10.7						
BOD・N除去型	高度処理型 (BOD10・ T-N10)	59.2				112.9						
		39.1				6.1	41.8			46.8		
		29.2	51.9			12.4						
		21.2				97.7						
		117.9				50.8						

— は、調査条件が整わなかったため、調査を実施していないことを表す

4. 実測調査結果に基づく新たな排出係数の算定

本調査では、合併処理浄化槽 24 施設、単独処理浄化槽 6 施設、汲み取り便槽 30 施設の CH₄・N₂O 排出係数の実測調査を実施した。その結果、表 4 に示すとおり、各分散型排水処理施設において、新たな CH₄・N₂O 排出係数が得られた。ほとんどの排出係数において、夏季の排出係数が、冬季の排出係数を上回った。これらは、水温の上昇に伴い、微生物反応が活発になるとともに、水中で発生したガスが処理水中に溶解難くなることが原因であると考えられた。

合併処理浄化槽において、本調査で得られた CH₄・N₂O 排出係数は、それぞれ、1,835 gCH₄/人・年、83 gN₂O/人・年であり、2012 年提出の排出係数の約 2 倍程度高い結果となった。同様に、単独処理浄化槽においても、2012 年提出の排出係数の約 2 倍程度高い結果となった。一方、これまで、単独処理浄化槽の排出係数を代用してきた汲み取り便槽においては、2012 年提出の排出係数を大きく下回り、特に N₂O の排出係数は、現行の排出係数の 0.1%となった。

これらの結果から、CO₂ 換算した 2010 年度における分散型生活排水処理施設からの温室効果ガス排出量は、2012 年に UNFCCC に提出した日本国温室効果ガスインベントリより、1.77 倍高い結果となった⁴⁾。なお、本調査結果に基づく排出係数は、2013 年以降提出の日本国温室効果ガスインベントリに採用されている。

表 4 分散型排水処理施設における CH₄・N₂O 排出係数
測定結果

分散型 排水処理施設	ガス	単位	2012年 提出 排出係数	今回実測の排出係数		
				平均値	冬季	夏季
合併処理浄化槽	CH ₄	gCH ₄ /人・年	1,106	1,835	1,101	2,569
	N ₂ O	gN ₂ O/人・年	26	83	91	76
単独処理浄化槽	CH ₄	gCH ₄ /人・年	197	460	110	810
	N ₂ O	gN ₂ O/人・年	20	39	23	56
汲み取り便槽	CH ₄	gCH ₄ /人・年	197	62	6.2	117
	N ₂ O	gN ₂ O/人・年	20	0.022	0.010	0.033

平均値は、冬季と夏季の平均排出係数を単純平均して算定

5. 今後の展望

地球温暖化防止の観点から、様々な分野において、低炭素化の取り組みがなされてきており、浄化槽分野にお

いてもそれは例外ではない。従来の浄化槽分野において、温室効果ガス排出量が高かったのは、浄化槽の運転動力であるブロワの電気使用に由来するものと生物学的な排水処理に伴って排出される CH₄・N₂O 由来のものであった⁵⁾。浄化槽から排出されるこれらの温室効果ガス排出量は、ほぼ同等量であったが、近年の浄化槽メーカーやブロワメーカーの開発努力により、ブロワの省エネ化が図られ、ブロワの消費電力およびそれに伴う CO₂ 排出量は、10 年程前の半分以下にまでなっている。そのため、相対的に、現在の浄化槽分野において、温室効果ガス排出量が最も高いのは、本報で報告した浄化槽からの CH₄・N₂O の排出由来となっている。今後、浄化槽分野からの温室効果ガス排出量をさらに低減させるためには、浄化槽からの CH₄・N₂O の排出削減技術の開発が重要であり、同時に、これら CH₄・N₂O の排出削減技術を正しく評価する技術も必要であると考えられる。本調査において、これらの基準となる分散型生活排水処理施設からの温室効果ガス排出係数の精緻化ができたと考えている。本報が浄化槽の次なる低炭素化技術開発の参考になれば幸いである。

なお、本報は、山崎宏史、虻江美孝、植田洋行，“分散型生活排水処理施設からの温室効果ガス（CH₄・N₂O）排出量の算定”，用水と廃水，Vol. 56, No. 10, pp. 41-48（2014）を元に、再編したものである。

謝辞

本調査研究は、環境省の「平成 23 年度温室効果ガスインベントリ作成のための排出係数開発等調査」および「平成 24 年度温室効果ガスインベントリ作成のための分散型生活排水処理に係る排出係数開発調査」で実施した。また、本調査研究を推進するにあたり、岩手県浄化槽検査センターを初め、各分野の関係者の皆様に、多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考資料

- 1) FCCC/CP/2013/10/Add.3 : Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for

Parties included in Annex I to the Convention (2014)

- 2) (国研) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリ
オフィス：日本国温室効果ガスインベントリ報告書
(2015)
- 3) 蛭江美孝, 山崎宏史, 小椋有未永, 徐開欽：浄化槽
における CH₄、N₂O 排出量に及ぼす原水流入変動と嫌
気-好気循環の影響解析；日本水環境学会誌, Vol. 35,
No. 2, pp. 27-32 (2012)
- 4) Yoshitaka EBIE, Hiroshi YAMAZAKI, Shigeaki
INAMURA, Yusuke JIMBO, Takuro KOBAYASHI,
Hiroyuki UEDA: Development of Emissions Factor
for the Decentralized Domestic Wastewater
Treatment for the National Greenhouse Gas
Inventory ; Journal of Water and Environment
Technology, Vol. 12, No. 1, pp. 33-41 (2014)
- 5) 山崎宏史, 蛭江美孝：ディスポーザ対応浄化槽の活
用による温暖化対策の可能性；月刊浄化槽, No. 421,
p. 20-24 (2011)